

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-38054

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月12日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 1 R 27/28  
35/00

G 0 1 R 27/28  
35/00

Z  
J

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-194188

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月18日

(71) 出願人 390005175

株式会社アドバンテスト

東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(72) 発明者 中山 喜和

東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会  
社アドバンテスト内

(54) 【発明の名称】 ネットワーク・アナライザのキャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】 ロード素子の反射係数を0と仮定することなく、既知の値として誤差要因を取得するネットワーク・アナライザの1ポートキャリブレーション方法。

【解決手段】 既知の反射係数を有するオープン素子とショート素子とロード素子を用い、その反射係数AopenとAshortとAloadとをメモリし、それぞれの素子を端子に交互に接続し、信号源より信号を送信し、その応答信号S11mを受信部で測定し、それぞれの測定値のf(open)とf(short)とf(load)とをメモリし、上記AopenとAshortとAloadとf(open)とf(short)とf(load)とを用いて第一数式に従って演算部で演算し、EdとErとEsとを求めてキャリブレーションを行う方法。

校正キットのopen素子の反射係数 ; Aopen=1 X el<sup>a</sup>  
short素子の反射係数 ; Ashort=-1 X el<sup>b</sup>  
load素子の反射係数 ; Aload=ρ  
をメモリする。

open素子を接続したときのS11mの測定値 ; f(open)  
short素子を接続したときのS11mの測定値 ; f(short)  
load素子を接続したときのS11mの測定値 ; f(load)  
をメモリする。

Aopen, Ashort, Aload 及び f(open), f(short), f(load)  
を用いて、次式の第一数式に従って演算し、Ed, Es, Erを  
求める。

(第一数式)

$$\begin{bmatrix} Ed \\ Er - Ed \cdot Es \\ Es \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Aopen & Aopen \cdot f(open) \\ 1 & Ashort & Ashort \cdot f(short) \\ 1 & Aload & Aload \cdot f(load) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ネットワーク・アナライザの1ポートのキャリブレーションにおいて、既知の反射係数を有する校正キットを使用し、オープン素子の反射係数 $A_{open}$ とショート素子の反射係数 $A_{short}$ とロード素子の反射係数 $A_{load}$ とをネットワーク・アナライザの記憶部にメモリし、オープン素子を端子に接続して測定した $S_{11m}$ の測定値\*

$$\begin{bmatrix} E_d \\ E_r - E_d - E_s \\ E_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{open} \\ 1 & A_{short} \\ 1 & A_{load} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

--- (第一数式)

誤差要因 $E_d$ 、 $E_s$ 及び $E_r$ を求めてキャリブレーションを行うことを特徴とするネットワーク・アナライザのキャリブレーション方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、ネットワーク・アナライザ(Network Analyzer)のキャリブレーション方法 20 に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 先ず、ネットワーク・アナライザについて一般的な説明をする。ネットワーク・アナライザは回路網や電子部品、電子材料の電気的諸量のうちの高周波の周波数特性を測定するものである。正弦波の微小電気信号を発生させてDUT(被測定物)に与え、その反射特性と伝送特性、つまり応答信号をSパラメータで測定し、解析する測定器である。応答信号は、一般に振幅と位相の情報を持つベクトル量であり、複素数である。そこで、この振幅と位相のベクトル量を解析する測定器をベクトル・ネットワーク・アナライザともいう。

【0003】 ネットワーク・アナライザの内部構成は周知であるので省略し、Sパラメータ・テストセット内蔵の基本構成を図3に示す。図中、1はSパラメータ・テストセット内蔵ネットワーク・アナライザであり、2はDUT、3は信号源で一般に掃引発振器を用いる。4は受信部Aで、受信信号をミキサで受けて低周波に変換し、アナログ/デジタル変換(A/D)をし、直交検波を行って実数値Rと虚数値Xを求め1つの複素数として 40 測定される。5は受信部Rで信号源3からの送信信号を測定する。6は受信部Bである。これら3つの受信部は信号源3から出力される周波数の信号を検波するように同期されている。

【0004】 7は信号源3からの信号を分離するパワースプリッタで、一方の信号はRFスイッチ8を経てDUT 2に与え、他方の信号は受信部R 5に与えている。8のRFスイッチは信号源3からの出力信号を端子10<sub>1</sub>のポート1から出力したり、端子10<sub>2</sub>のポート2から出力したりするためのものである。9<sub>1</sub>と9<sub>2</sub>は端子1 50

\*  $f(open)$ とショート素子を端子に接続して測定した $S_{11m}$ の測定値 $f(short)$ とロード素子を端子に接続して測定した $S_{11m}$ の測定値 $f(load)$ とをネットワーク・アナライザの記憶部にメモリし、上記の反射係数 $A_{open}$ 、 $A_{short}$ 、 $A_{load}$ 、と上記の測定値 $f(open)$ 、 $f(short)$ 、 $f(load)$ 、とを用い、数1の第一数式に従って演算部で演算し、

## 【数1】

$$\begin{bmatrix} A_{open} \cdot f(open) \\ A_{short} \cdot f(short) \\ A_{load} \cdot f(load) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

--- (第一数式)

0<sub>1</sub>又は端子10<sub>2</sub>からの応答信号を取り出すブリッジ若しくは方向性結合器である。このSパラメータ・テストセット内蔵ネットワーク・アナライザ1でDUT2のSパラメータを測定する。

【0005】 図4を用いてSパラメータを簡単に説明する。測定周波数が高くなり測定系が集中定数的に扱えなくなってくると、図4(A)のように、回路網のパラメータとして入射波・反射波・伝送波を変数として定義し測定する。この定義された回路網のパラメータがSパラメータである。例えば、図4(B)に示すように、信号源3からDUT2のポート1に信号a<sub>1</sub>を与え、ポート2は特性インピーダンス $Z_0$ で終端しているとする。このときの $S_{11}$ はポート1における入射波a<sub>1</sub>と反射波b<sub>1</sub>の比、 $S_{11} = b_1 / a_1$ 、として定義され、ポート1における反射係数と呼ばれる。 $S_{21}$ はポート1からポート2への伝送波b<sub>2</sub>とポート1の入射波a<sub>1</sub>の比、 $S_{21} = b_2 / a_1$ 、として定義され、ポート1からポート2への伝送係数あるいは透過係数と呼ばれる。 $S_{22}$ 、 $S_{21}$ はポート2から信号a<sub>2</sub>を与えポート1を特性インピーダンス $Z_0$ で終端して測定したもので、 $S_{22} = b_2 / a_2$ 、 $S_{12} = b_1 / a_2$ 、と定義される。

【0006】 図4(C)はこの関係式をマトリックスで表現したものである。図4(D)はSパラメータの内容の説明である。ネットワーク・アナライザ1は、こうして得られたSパラメータをDUT2のさまざまな特性に換算して表示する。例えば、振幅をdB換算して表示するLOGMAG表示、位相を表示するPHASE表示、群遅延時間のDELAY表示、定在波比のSWR表示、スミスチャートのSMITH表示、ポーラチャートのPOLAR表示等である。ところで、ネットワーク・アナライザ1によりDUT2の反射特性を測定しようとする場合、測定系の誤差によりDUT2の真の値を直接測定することができない。そこで、この誤差の原因を知り、適当なモデルを考えることにより測定値を補正することができる。

【0007】 次に、本発明と関係ある従来のネットワーク・アナライザの測定について、図5を用いて以下説明する。図5(A)はネットワーク・アナライザでDUT

2の反射特性を測定する測定系である。信号源3からの信号をDUT2に与え、その反射波をブリッジ9で取り出し受信部A4で測定する。

【0008】図5(B)にこの場合の測定誤差要因を示す。つまり、測定系の方向性と周波数トラッキングとソース・マッチに主に起因する誤差である。方向性の誤差とは、DUT2に向かう入射信号とDUT2からの反射信号とをブリッジ9で分離しなければならないが、測定値S11mには順方向からのリーケージ、つまり漏れ信号が含まれており、これによる誤差である。周波数トラッキングによる誤差とは、測定系の周波数レスポンスの誤差である。ソース・マッチによる誤差とは、信号源側のインピーダンスと測定システム系のインピーダンスの整合が取れていない場合に、DUT2で反射した信号が信号源3側で再び反射してDUT2に戻り、再反射する。この再反射による誤差である。

【0009】これらを含めて1ポートの反射特性測定の誤差モデルは、図5(C)のようになる。ここでS11mは測定値、S11aは真値、Ed、Er、Esは誤差要因である。この誤差モデルを、説明は省略するがシグナル・フローグラフで解いてS11mを求めると、図5(D)で表現できる。変形して真値S11aを求めると、図5(E)で表現できる。ここで未知数は、Ed、Er、Esの3つであるから、特性が既知の3つの標準デバイスをいればこれらの未知数を求めることができる。

【0010】即ち、オープン(解放)、ショート(短絡)及びロード(標準負荷Zo)の3つの状態をつくり、それぞれのときのS11mの測定値f(short)、f(open)及びf(load)の値を記録しておき、その値を用いて計算すると、DUT2の真の反射係数S11aを求めることができる。これをキャリブレーションという。つまり、キャリブレーションとは測定系の持つ誤差を予め測定しておき、演算でその影響を取り除くことである。

【0011】オープン、ショート及びロードの状態をつくるのに校正キットがある。一例を図6に示す。図6

(A)は外観図であり、11はコネクタ、12は本体で\*

$$\begin{bmatrix} E_s \\ E_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{\text{short}} \cdot [f(\text{short}) - f(\text{load})] \\ A_{\text{open}} \cdot [f(\text{open}) - f(\text{load})] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(\text{short}) - f(\text{load}) \\ f(\text{open}) - f(\text{load}) \end{bmatrix}$$

--- (第二数式)

【0015】図2に上述した従来のキャリブレーション方法のフローチャートを示す。校正キットのオープン素子とショート素子との反射係数のAopenとAshortをメモリする。ロード素子の反射係数を0と仮定して端子に接続し、信号源から信号を与え、その応答信号を測定すると、その測定値はS11m=f(load)=Edとなり、Edが求まる。同様に測定値f(open)とf(short)を測定し、メモリする。これらのAopenとAshortとf(open)とf(short)とを用いて第二数式に従って演算し、Es

\*ある。図6(B)はオープン素子で端末13は開放されているが、浮遊容量C等が存在するので、位相の補正を加味して反射係数Aopenは(1×e<sup>jα</sup>)である。図6(C)はショート素子で端末14は短絡され位相補正を加味して反射係数Ashortは(-1×e<sup>jβ</sup>)である。図6(D)はロード素子で端末15は特性インピーダンスZoで終端され、反射係数は0と仮定している。特性インピーダンスZoは一般に50Ωや75Ωであることが多い。

【0012】従来のキャリブレーション方法を図2に示す。始めに校正キットのオープン素子の反射係数Aopen=(1×e<sup>jα</sup>)と、ショート素子の反射係数Ashort=(-1×e<sup>jβ</sup>)をネットワーク・アナライザ1の記憶部にメモリする。次に、ロード素子を無反射、つまり、反射係数=0と仮定して端子10iに接続し、その応答信号を受信部A4で測定する。そのS11mの測定値f(load)は、図5(D)の数式から求め、  
f(load)=S11m=Ed+{Er・0/(1-Es・0)}=Ed  
となる。つまり、測定値f(load)=Edであり、Edが求まる。

【0013】次に、オープン素子を端子10iに接続しその測定値f(open)を求めてメモリし、ショート素子を接続しその測定値f(short)を求めてメモリする。ここで、

$$f(\text{open}) = f(\text{load}) + \{E_r \cdot A_{\text{open}} / (1 - E_s \cdot A_{\text{open}})\}$$

$$f(\text{short}) = f(\text{load}) + \{E_r \cdot A_{\text{short}} / (1 - E_s \cdot A_{\text{short}})\}$$

であるから、この2式を連立させることにより第二数式を得る。測定値のf(open)とf(short)が求まると、反射係数のAopenとAshortとを用い、数2の第二数式に従って演算し、EsとErとを求める。

【0014】

【数2】

とErとを求めて、キャリブレーションを行う。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】従来のキャリブレーション方法では、校正キットのロード素子を反射係数=0と仮定して行っていた。そこで、無反射ロード素子の開発に力をそそいでいた。つまり、ロード素子が理想的と仮定するしか手がなく反射係数=0としていたが、現実には若干の反射がある。従って、このロード素子の理想的でない分がキャリブレーションにおける誤差となり、

若干の測定誤差を生じさせていた。

【0017】この発明は、ロード素子の反射係数を0と仮定せず、反射係数 $=\rho$ の既知の値とし、これより測定誤差を生じさせない誤差要因を取得するという、新たなキャリブレーションの方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明は、既知の反射係数を有する校正キットを使用する。校正キットにはオープン素子とショート素子とロード素子の3種類の素子が準備されている。このそれぞれの素子の反射係数、つまり、オープン素子の反射係数 $A_{open}$ とショート素子の反射係数 $A_{short}$ とロード素子の反射係数 $A_{load}$ とをネットワーク・アナライザの記憶部にメモリする。

【0019】次に、オープン素子をネットワーク・アナ

$$\begin{bmatrix} E_d \\ E_r - E_d \cdot E_s \\ E_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{open} \\ 1 & A_{short} \\ 1 & A_{load} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{open} \cdot f(open) \\ A_{short} \cdot f(short) \\ A_{load} \cdot f(load) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

--- (第一数式)

【0022】

【発明の実施の形態】発明の実施の形態を実施例に基づき図面を参照して説明する。図1に本発明のキャリブレーション方法の一実施例のフローチャートを示す。校正キットの3つの素子の反射係数は、理想的にはオープン素子で $A_{open}=1$ 、ショート素子で $A_{short}=-1$ 、ロード素子で $A_{load}=0$ である。ところが、現実には理想的ではなく、若干の誤差がある。そこで事前に正確に測定するか、理論的に計算するか、補正済みのものを購入するかして補正値 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\rho$ を明確にしておく。反射係数はオープン素子で $A_{open}=(1 \times e^{\alpha})$ 、ショート素子で $A_{short}=(-1 \times e^{\beta})$ 、ロード素子で $A_{load}=\rho$ である。この反射係数をネットワーク・アナライザの記憶部にメモリさせる。

【0023】次に、これらの3つの素子を、図5(A)の入出力端子10iに交互に接続して信号源3より信号を与え、その応答信号を受信部A4で測定する。オープン素子を接続したときのS11mの測定値を $f(open)$ とし、ショート素子を接続したときのS11mの測定値を $f(short)$ 、ロード素子を接続したときのS11mの測定値を $f(load)$ として記憶部にメモリさせる。

【0024】ところで、図5(D)の数式は、 $S11m = E_d + \{E_r \cdot S11a / (1 - E_s \cdot S11a)\}$ であるので、この数式を変形すると、 $S11m = E_d + S11a (E_r - E_d \cdot E_s) + S11a \cdot S11m \cdot E_s$ となる。ここで、S11mに上述した測定値を、S11aに反射係数を代入すると、次の3つの式を得る。

$$f(open) = E_d + A_{open} (E_r - E_d \cdot E_s) + A_{open} \cdot f(open) \cdot E_s$$

\*ライザの入出力端子に接続し、信号源より信号を送り、その応答信号を受信部A4若しくは受信部B6で測定する。その測定したS11mの測定値を $f(open)$ とする。ショート素子を端子に接続して測定したS11mの測定値を $f(short)$ とする。ロード素子を端子に接続して測定したS11mの測定値を $f(load)$ とする。この測定した $f(open)$ と $f(short)$ と $f(load)$ もネットワーク・アナライザの記憶部にメモリする。

【0020】次に、上記の反射係数 $A_{open}$ 、 $A_{short}$ 、 $A_{load}$ 、と上記の測定値 $f(open)$ 、 $f(short)$ 、 $f(load)$ 、とを用い、数1の第一数式に従って演算部で $E_d$ 、 $E_s$ 及び $E_r$ を求めてキャリブレーションを行うものである。

【0021】

【数3】

$$f(short) = E_d + A_{short} (E_r - E_d \cdot E_s) + A_{short} \cdot f(short) \cdot E_s$$

$$f(load) = E_d + A_{load} (E_r - E_d \cdot E_s) + A_{load} \cdot f(load) \cdot E_s$$

この3つの式をマトリックス表示したのが、数1の第一数式である。この3つの式を演算部で演算して、未知数の $E_d$ 、 $E_s$ 及び $E_r$ を求めることができる。つまり、 $A_{load}=0$ と仮定することなくキャリブレーションをすることができる。

【0025】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、この発明は、ロード素子（別名ロードスタンダード）の反射係数が0、つまり理想的な無反射でなくとも、その値が既知であれば演算によってキャリブレーションが可能になった。よって、ロード素子の作製が容易になり、測定誤差の要因が無くなり、ネットワーク・アナライザの利用価値が高まった。この発明の技術的価値は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のキャリブレーション方法の一実施例のフローチャートである。

【図2】従来のキャリブレーション方法のフローチャートである。

【図3】Sパラメータ・テストセット内蔵ネットワーク・アナライザの一例の構成図である。

【図4】Sパラメータの説明図である。(A)は入射波・反射波・伝送波の説明図、(B)は個々のSパラメータの説明図、(C)はSパラメータの関係式、(D)は個々のSパラメータの説明である。

【図5】1ポート反射特性測定の説明図である。(A)

は構成図、(B)は測定誤差の説明図、(C)は誤差モデル図、(D)は測定値  $S_{11m}$  の関係式、(E)は真値  $S_{11a}$  の関係式である。

【図6】校正キットの説明図である。(A)は外観図、(B)はオープン素子、(C)はショート素子、(D)はロード素子である。

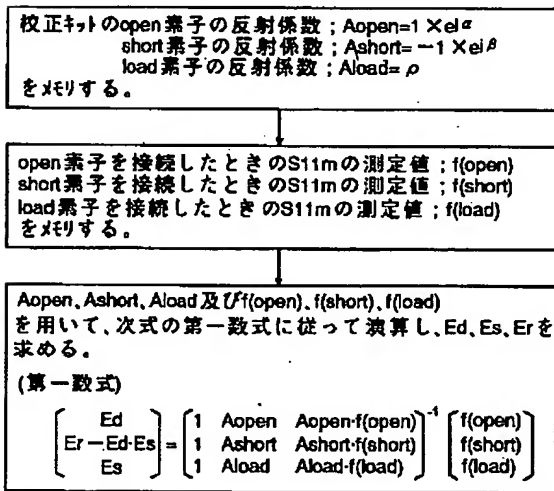
【符号の説明】

- 1 Sパラメータ・テストセット内蔵ネットワーク・アナライザ
- 2 DUT (被測定物)
- 3 信号源
- 4 受信部A

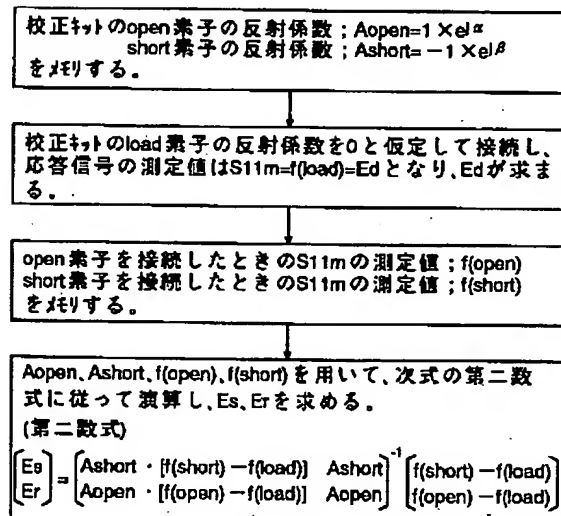
- \* 5 受信部R
- 6 受信部B
- 7 パワースプリッタ
- 8 RFスイッチ
- 9 i、9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> ブリッジ若しくは方向性結合器
- 10 i、10<sub>1</sub>、10<sub>2</sub> 端子
- 11 コネクタ
- 12 本体
- 13 オープン素子端末
- 10 14 ショート素子端末
- 15 ロード素子端末

\*

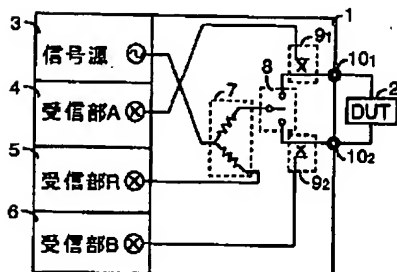
【図1】



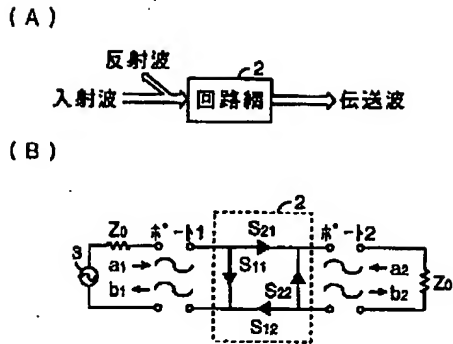
【図2】



【図3】

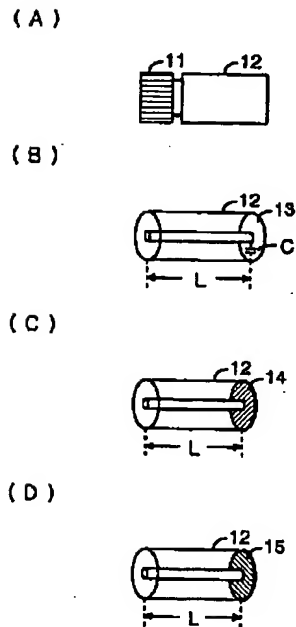


【図4】

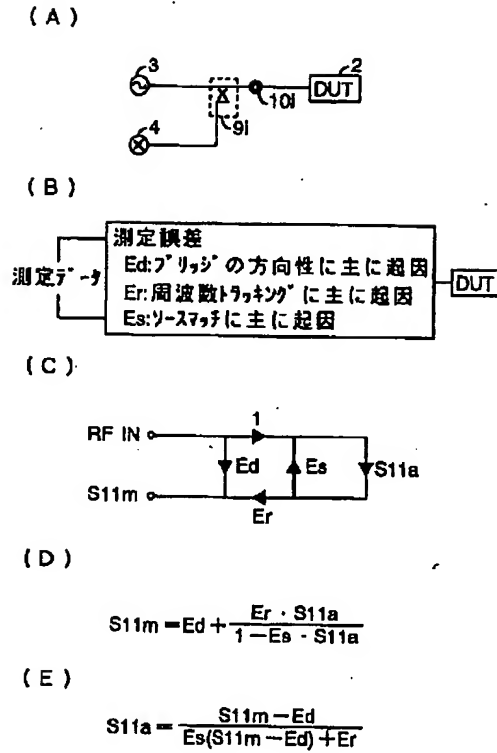


- (C)
- $$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$
- (D)
- S<sub>11</sub>: 出力側を特性インピーダンスZ<sub>0</sub>で終端したときの入力反射係数
- S<sub>21</sub>: 出力側を特性インピーダンスZ<sub>0</sub>で終端したときの順方向伝送係数
- S<sub>12</sub>: 入力側を特性インピーダンスZ<sub>0</sub>で終端したときの逆方向伝送係数
- S<sub>22</sub>: 入力側を特性インピーダンスZ<sub>0</sub>で終端したときの出力側の反射係数

【図6】



【図5】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-038054

(43)Date of publication of application : 12.02.1999

(51)Int.Cl.

G01R 27/28

G01R 35/00

(21)Application number : 09-194188

(71)Applicant : ADVANTEST CORP

(22)Date of filing : 18.07.1997

(72)Inventor : NAKAYAMA KIWA

## (54) CALIBRATING METHOD FOR NETWORK ANALYZER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate a measurement error, increase the utilization value, and improve the technical value by making calibration via calculation when the value of the reflection coefficient of a load element is known even if it is not ideal nonreflection.

SOLUTION: A calibration kit having a known reflection coefficient is used, and three kinds of elements including an open element, a short element, and a load element are prepared. The reflection coefficients of the elements, i.e., the reflection coefficient  $A_{open}$  of the open element, the reflection coefficient  $A_{short}$  of the short element, and the reflection coefficient  $A_{load}$  of the load element, are stored in the memory section of a network analyzer. The open element is connected to the input/output terminal of the network analyzer, a signal is sent from a signal source, and a response signal is measured at a reception section. Measured values of  $S_{11m}$  are stored in the memory section as  $f(open)$ ,  $f(short)$ , and  $f(load)$ .  $E_d$ ,  $E_s$ ,  $E_r$  are obtained by an arithmetic section according to the first equation with the reflection coefficients  $A_{open}$ ,  $A_{short}$ ,  $A_{load}$  and measured values ( $f$ ), and calibration is made.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
 examiner's decision of rejection or application  
 converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
 rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision  
 of rejection]

[Date of extinction of right]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the calibration of one port of a network analyzer The proofreading kit which has a known reflection coefficient is used, and they are the reflection coefficient Aopen of an opening component, and the reflection coefficient Ashort of a short component. Memory of the reflection coefficient Aload of a load component is carried out to the storage section of a network analyzer. S11m the measured value f (open) and the short component which connected with the terminal and measured the opening component are connected to a terminal. Memory of the S11m measured value f (load) which connected with the terminal and measured S11m the measured value f (short) and the load component which were measured is carried out to the storage section of a network analyzer. Using the above-mentioned reflection coefficients Aopen, Ashort, and Aload and the above-mentioned measured value f (open), f (short), and f (load), according to the first number type of several 1, it calculates by operation part, and is [Equation 1].

$$\begin{bmatrix} Ed \\ Er - Ed \cdot Es \\ Es \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Aopen & Aopen \cdot f(open) \\ 1 & Ashort & Ashort \cdot f(short) \\ 1 & Aload & Aload \cdot f(load) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

--- (第一数式)

The calibration approach of the network analyzer characterized by performing a calibration in quest of the error factors Ed, Es, and Er.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the calibration approach of a network analyzer (Network Analyzer).

[0002]

[Description of the Prior Art] First, general explanation about a network analyzer is given. A network analyzer measures the frequency characteristics of the RF of the amounts of many [ electric ] of a network, electronic parts, and an electronic ingredient. It is the measuring instrument which is made to generate the very small electrical signal of a sine wave, gives DUT (device under test), measures the reflection property and transmission characteristic, i.e., a reply signal, by the S parameter, and is analyzed. A reply signal is vector quantity which generally has the information on the amplitude and a phase, and is complex. Then, the measuring instrument which analyzes the vector quantity of this amplitude and a phase is also called vector network analyzer.

[0003] Since the internal configuration of a network analyzer is common knowledge, it is omitted, and it shows a basic configuration with a built-in S parameter test set to drawing 3. One is a network analyzer with a built-in S parameter test set among drawing, and, generally [ DUT and 3 ] 2 uses a sweep oscillator in the source of a signal. 4 is a receive section A, it is changed into low frequency in response to an input signal with a mixer, carries out analog-to-digital conversion (A/D), performs rectangular detection, and is measured as one complex in quest of the real number value R and the imaginary value X. 5 measures the sending signal from the source 3 of a signal in a receive section R. 6 is a receive section B. These three receive sections synchronize so that the signal of the frequency outputted from the source 3 of a signal may be detected.

[0004] 7 is the power splitter which separates the signal from the source 3 of a signal, one signal was given to DUT2 through the RF switch 8, and the signal of another side is given to the receive section R5. RF switch of 8 is a terminal 101 about the output signal from the source 3 of a signal. In outputting from a port 1 \*\*\*\*, it is a terminal 102. It is for outputting from a port 2. 91 92 Terminal 101 Or terminal 102 from — it is the bridge or directional coupler which takes out a reply signal. The S parameter of DUT2 is measured with this network analyzer 1 with a built-in S parameter test set.

[0005] An S parameter is briefly explained using drawing 4. If a test frequency becomes high and it becomes impossible for system of measurement to treat in concentrated constant, like drawing 4 (A), as a parameter of a network, an incident wave, a reflected wave, and a carrier wave will be defined as a variable, and will be measured. The parameter of this defined network is an S parameter. For example, as shown in drawing 4 (B), a signal a1 is given to the port 1 of DUT2 from the source 3 of a signal, and a port 2 presupposes that termination is carried out with the characteristic impedance Zo. S11 at this time sets to the ratio of the incident wave a1 in a port 1, and a reflected wave b1, and  $S11=b1/a1$ , is defined, and is called the reflection coefficient in a port 1. S21 sets to the ratio of the carrier wave b2 from a port 1 to a port 2, and the incident wave a1 of a port 1, and  $S21=b2/a1$ , is defined, and is called the transmission coefficient from a port 1 to a port 2, or a transmission coefficient. S22 and S21 give a signal a2 from a port 2, are what carried out termination of the port 1 and measured it with the characteristic impedance Zo, and are defined as  $S22=b2/a2$  and  $S12=b1/a2$ .

[0006] Drawing 4 (C) expresses this relational expression by the matrix. Drawing 4 (D) is explanation of the contents of the S parameter. A network analyzer 1 converts and displays the S parameter obtained in this way on various properties of DUT2. For example, the LOGMAG display which carries out dB conversion and displays the amplitude, the PHASE display which displays a phase, and group delay A DELAY display and standing-wave ratio An SWR display and the Smith chart A SMITH display and Polar chart It is a POLAR display etc. By the way, when it is going to measure the reflection property of DUT2 with a network analyzer 1, true value of DUT2

cannot be measured directly according to the error of system of measurement. Then, the cause of this error can be known and measured value can be amended by considering a suitable model.

[0007] Next, measurement of the conventional network analyzer related to this invention is explained below using drawing 5. Drawing 5 (A) is system of measurement which measures the reflection property of DUT2 with a network analyzer. The signal from the source 3 of a signal is given to DUT2, the reflected wave is taken out on a bridge 9, and it measures by receive section A4.

[0008] The measurement error factor in this case is shown in drawing 5 (B). That is, it is the error which mainly originates in the directivity, frequency tracking, and source match of system of measurement. Although the error of directivity must separate the incidence signal and the reflective signal from DUT2 which go to DUT2 on a bridge 9, it is included in measured-value S11m, the leakage, i.e., the leakage signal, from the forward direction, and it is an error by this. The error by frequency tracking is an error of the frequency response of system of measurement. With the error by the source match, when adjustment of the impedance by the side of the source of a signal and the impedance of a gaging-system system cannot be taken, the signal reflected by DUT2 reflects again by the source 3 side of a signal, and returns and re-reflects in DUT2. It is an error by this re-reflection.

[0009] The disturbance models of reflection property measurement of one port including these become like drawing 5 (C). S11m is [ a true value, and Ed, Er and Es of measured value and S11a ] error factors here. Although explanation omits this disturbance model, if it solves by signal flow graph and asks for S11m, it can express by drawing 5 (D). If it deforms and asks for true-value S11a, it can express by drawing 5 (E). Since an unknown is three, Ed, Er, and Es, if the standard device whose property is known three is used, it can ask for these unknowns here.

[0010] namely, opening (release) — if short (short circuit) and three conditions of loading (standard load Zo) are built, the value of the S11m measured value f (short), f (open), and f (load) at each time is recorded and it calculates using the value, it can ask for true reflection coefficient S11a of DUT2. This is called calibration. That is, the calibration measures beforehand the error which system of measurement has, and is removing the effect by the operation.

[0011] A proofreading kit is to build [ opening and ] the condition of short and loading. An example is shown in drawing 6. Drawing 6 (A) is an external view, 11 is a connector and 12 is a body. Although the terminal 13 is wide opened with the opening component, since stray capacity C etc. exists, drawing 6 (B) considers amendment of a phase, and its reflection coefficient Aopen is (1xejalpha). Drawing 6 (C) A terminal 14 is short-circuited with a short component, phase correction is considered, and it is a reflection coefficient Ashort. It is (-1xejbeta). Drawing 6 (D) was carried out with the load component, termination of the terminal 15 was carried out with the characteristic impedance Zo, and the reflection coefficient is assumed to be 0. Generally a characteristic impedance Zo is 50ohmYA75ohm in many cases.

[0012] The conventional calibration approach is shown in drawing 2. Reflection coefficient Aopen= of the opening component of the introduction proofreading kit (1xejalpha), Memory of reflection coefficient Ashort = (-1xejbeta) of a short component is carried out to the storage section of a network analyzer 1. Next, it connects with terminal 10i, assuming a load component to be areflaxia, reflection coefficient =0 [ i.e., ], and the reply signal is measured by receive section A4. The S11m measured value f (load) is calculated from the formula of drawing 5 (D), and serves as f(load) =S11 m=Ed+[Er and 0/(1-Es, 0)] =Ed. that is, measured-value f(load) =Ed it is — Ed can be found.

[0013] Next, an opening component is connected to terminal 10i, and memory is carried out in quest of the measured value f (open), A short component is connected and memory is carried out in quest of the measured value f (short). It is here and is f(open) =f(load)+ [Er-Aopen/(1-Es-Aopen)],  
f(short) =f(load)+ [Er-Ashort/(1-Es-Ashort)]

It comes out, and since it is, the second formula is obtained by allying these two formulas. If f (open) and f (short) of measured value can be found, it is Aopen and Ashort of a reflection coefficient. It uses, and calculates according to the second formula of several 2, and Es and Er are calculated.

[0014]

[Equation 2]

$$\begin{bmatrix} E_s \\ E_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{short} \cdot [f(\text{short}) - f(\text{load})] \\ A_{open} \cdot [f(\text{open}) - f(\text{load})] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(\text{short}) - f(\text{load}) \\ f(\text{open}) - f(\text{load}) \end{bmatrix}$$

--- (第二数式)

[0015] The flow chart of the conventional calibration approach mentioned above to drawing 2 is shown. Aopen and Ashort of a reflection coefficient of the opening component of a proofreading kit, and a short component

Memory is carried out. If it connects with a terminal, assuming the reflection coefficient of a load component to be 0, a signal is given from the source of a signal and the reply signal is measured, the measured value will serve as  $S_{11m} = f(\text{load}) = E_d$ , and  $E_d$  can be found. Memory of the measured value  $f(\text{open})$  and  $f(\text{short})$  is measured and carried out similarly. According to the second formula, it calculates using these  $A_{\text{open}}(s)$  and  $A_{\text{short}}(s)$ , and  $f(\text{open})$  and  $f(\text{short})$ ,  $E_s$  and  $E_r$  are calculated, and a calibration is performed.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It was performed by the conventional calibration approach, having assumed the load component of a proofreading kit to be reflection coefficient = 0. Then, the force was directed towards development of a nonreflective load component. That is, although a hand only has assuming that a load component is ideal and it was referred to as reflection coefficient = 0, there is some reflection actually. Therefore, the part which this load component does not have became an error in a calibration, and was producing some measurement error.

[0017] This invention does not assume the reflection coefficient of a load component to be 0, but is reflection coefficient =  $\rho$ . It considers as a known value and aims at offering the approach of a new calibration of acquiring the error factor which does not produce a measurement error from this.

[0018]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention uses the proofreading kit which has a known reflection coefficient. Three kinds of components, an opening component, a short component, and a load component, are prepared for the proofreading kit. The reflection coefficient of each of this component, i.e., the reflection coefficient  $A_{\text{open}}$  of an opening component and the reflection coefficient  $A_{\text{short}}$  of a short component, Memory of the reflection coefficient  $A_{\text{load}}$  of a load component is carried out to the storage section of a network analyzer.

[0019] Next, an opening component is connected to the input/output terminal of a network analyzer, from the source of a signal, a signal is measured by delivery and the reply signal is measured in receive section A4 or receive section B6. The measured  $S_{11m}$  measured value is set to  $f(\text{open})$ .  $S_{11m}$  measured value which connected with the terminal and measured the short component is set to  $f(\text{short})$ .  $S_{11m}$  measured value which connected with the terminal and measured the load component is set to  $f(\text{load})$ . Memory also of this measured  $f(\text{open})$ , and  $f(\text{short})$  and  $f(\text{load})$  is carried out to the storage section of a network analyzer.

[0020] Next, according to the first number type of several 1, a calibration is performed in quest of  $E_d$ ,  $E_s$ , and  $E_r$  using the above-mentioned reflection coefficients  $A_{\text{open}}$ ,  $A_{\text{short}}$ , and  $A_{\text{load}}$  and the above-mentioned measured value  $f(\text{open})$ ,  $f(\text{short})$ , and  $f(\text{load})$  by operation part.

[0021]

[Equation 3]

$$\begin{bmatrix} E_d \\ E_r - E_d \cdot E_s \\ E_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{\text{open}} & A_{\text{open}} \cdot f(\text{open}) \\ 1 & A_{\text{short}} & A_{\text{short}} \cdot f(\text{short}) \\ 1 & A_{\text{load}} & A_{\text{load}} \cdot f(\text{load}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(\text{open}) \\ f(\text{short}) \\ f(\text{load}) \end{bmatrix}$$

--- (第一数式)

[0022]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of implementation of invention is explained with reference to a drawing based on an example. The flow chart of one example of the calibration approach of this invention is shown in drawing 1. The reflection coefficient of three components of a proofreading kit is  $A_{\text{load}} = 0$  with  $A_{\text{short}} = -1$  and a load component in  $A_{\text{open}} = 1$  and a short component by the opening component ideally. However, it is not actually ideal and there is some error. Then, correction value  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\rho$  is clarified by measuring correctly in advance, calculating theoretically, or purchasing a thing [finishing / amendment]. A reflection coefficient is  $A_{\text{load}} = \rho$  with  $A_{\text{short}} = (-1 \times \beta)$  and a load component in  $A_{\text{open}} = (1 \times \alpha)$  and a short component by the opening component. Memory of this reflection coefficient is carried out to the storage section of a network analyzer.

[0023] Next, these three components are connected to input/output terminal 10i of drawing 5 (A) by turns, from the source 3 of a signal, a signal is given and the reply signal is measured by receive section A4. Memory is carried out to the storage section, setting  $S_{11m}$  measured value when connecting an opening component to  $f(\text{open})$ , and using  $S_{11m}$  measured value when connecting  $f(\text{short})$  and a load component for the  $S_{11m}$  measured value when connecting a short component as  $f(\text{load})$ .

[0024] by the way, the formula of drawing 5 (D) —  $S_{11m} = E_d + \{E_r - S_{11a} / (1 - E_s - S_{11a})\}$  it is — since — if this formula is transformed —  $S_{11m} = E_d + S_{11a}(E_r - E_d - E_s) + S_{11a} - S_{11m} - E_s$  It becomes. Here, if a reflection coefficient is substituted for  $S_{11a}$  for the measured value mentioned above to  $S_{11m}$ , the following three

formulas will be obtained.

$f(\text{open}) = E_d + A_{\text{open}}(E_r - E_d - E_s) + A_{\text{open}} - f(\text{open})$ ,  $E_s f(\text{short}) = E_d + A_{\text{short}}(E_r - E_d - E_s) + A_{\text{short}} - f(\text{short})$  and  $E_s f(\text{load}) = E_d + A_{\text{load}}(E_r - E_d - E_s) + A_{\text{load}} - f(\text{load})$ , and  $E_s$  — the first number type of several 1 indicated these three formulas by the matrix. These three formulas can be calculated by operation part, and  $E_d$ ,  $E_s$ , and  $E_r$  of an unknown can be calculated. That is, a calibration can be carried out, without assuming that it is  $A_{\text{load}}=0$ .

[0025]

[Effect of the Invention] it explained to the detail above — as — this invention — the reflection coefficient of a load component (an alias name load — standard) — 0 — that is, ideal — even if not nonreflective, when that value was known, the calibration became possible by the operation. Therefore, production of a load component became easy, the factor of a measurement error was lost, and the utility value of a network analyzer increased. Technical worth of this invention is size.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the flow chart of one example of the calibration approach of this invention.

[Drawing 2] It is the flow chart of the conventional calibration approach.

[Drawing 3] It is the block diagram of an example of a network analyzer with a built-in S parameter test set.

[Drawing 4] It is the explanatory view of an S parameter. For (A), the explanatory view of an incident wave, a reflected wave, and a carrier wave and (B) are [ the relational expression of an S parameter and (D) of the explanatory view of each S parameter and (C) ] explanation of each S parameter.

[Drawing 5] It is the explanatory view of 1 port reflection property measurement. For a block diagram and (B), the explanatory view of a measurement error and (C) are [ (A) / measured-value S11m relational expression and (E) of a disturbance model Fig. and (D) ] the relational expression of true-value S11a.

[Drawing 6] It is the explanatory view of a proofreading kit. For (A), an external view and (B) are [ a short component and (D) of an opening component and (C) ] load components.

[Description of Notations]

1 Network Analyzer with a Built-in S Parameter Test Set

2 DUT (Device under Test)

3 Source of Signal

4 Receive Section A

5 Receive Section R

6 Receive Section B

7 Power Splitter

8 RF Switch

9i, 91, 92 A bridge or directional coupler

10i, 101, 102 Terminal

11 Connector

12 Body

13 Opening Component Terminal

14 Short Component Terminal

15 Load Component Terminal

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

## [Drawing 1]

校正キットのopen素子の反射係数 ;  $A_{open}=1 \times e^{j\alpha}$   
 short素子の反射係数 ;  $A_{short}=-1 \times e^{j\beta}$   
 load素子の反射係数 ;  $A_{load}=\rho$   
 をメモリする。

open素子を接続したときのS11mの測定値 ;  $f(open)$   
 short素子を接続したときのS11mの測定値 ;  $f(short)$   
 load素子を接続したときのS11mの測定値 ;  $f(load)$   
 をメモリする。

$A_{open}$ ,  $A_{short}$ ,  $A_{load}$  及び  $f(open)$ ,  $f(short)$ ,  $f(load)$   
 を用いて、次式の第一数式に従って演算し、 $E_d$ ,  $E_s$ ,  $E_r$ を  
 求める。

(第一数式)

$$\begin{bmatrix} E_d \\ E_r - E_d - E_s \\ E_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{open} & A_{open} \cdot f(open) \\ 1 & A_{short} & A_{short} \cdot f(short) \\ 1 & A_{load} & A_{load} \cdot f(load) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(open) \\ f(short) \\ f(load) \end{bmatrix}$$

## [Drawing 2]

校正キットのopen素子の反射係数 ;  $A_{open}=1 \times e^{j\alpha}$   
 short素子の反射係数 ;  $A_{short}=-1 \times e^{j\beta}$   
 をメモリする。

校正キットのload素子の反射係数を0と仮定して接続し、  
 応答信号の測定値は  $S_{11m}=f(load)=E_d$  となり、 $E_d$  が求まる。

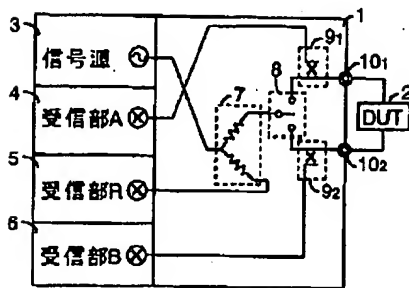
open素子を接続したときのS11mの測定値 ;  $f(open)$   
 short素子を接続したときのS11mの測定値 ;  $f(short)$   
 をメモリする。

$A_{open}$ ,  $A_{short}$ ,  $f(open)$ ,  $f(short)$  を用いて、次式の第二数式に従って演算し、 $E_s$ ,  $E_r$  を求める。

(第二数式)

$$\begin{bmatrix} E_s \\ E_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{short} \cdot [f(short) - f(load)] & A_{short} \\ A_{open} \cdot [f(open) - f(load)] & A_{open} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} f(short) - f(load) \\ f(open) - f(load) \end{bmatrix}$$

## [Drawing 3]

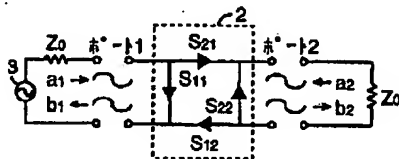


[Drawing 4]

(A)



(B)



(C)

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

(D)

$S_{11}$ : 出力側を特性インピーダンス $Z_0$ で終端したときの  
入力反射係数

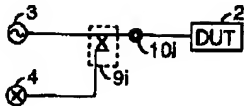
$S_{21}$ : 出力側を特性インピーダンス $Z_0$ で終端したときの  
順方向伝送係数

$S_{12}$ : 入力側を特性インピーダンス $Z_0$ で終端したときの  
逆方向伝送係数

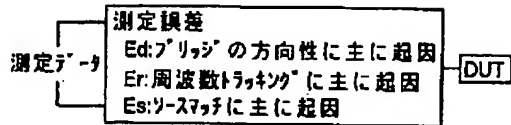
$S_{22}$ : 入力側を特性インピーダンス $Z_0$ で終端したときの  
出力側の反射係数

[Drawing 5]

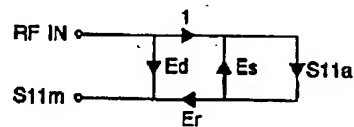
(A)



(B)



(C)



(D)

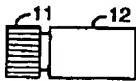
$$S11m = Ed + \frac{Er \cdot S11a}{1 - Es - S11a}$$

(E)

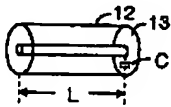
$$S11a = \frac{S11m - Ed}{Es(S11m - Ed) + Er}$$

[Drawing 6]

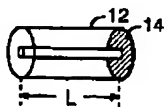
(A)



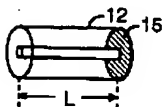
(B)



(C)



(D)



[Translation done.]